

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Juuso Parikka

Z-WAVE LANGATON KODINOHJAUSJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2015**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6800

Tekijä  
Juuso Parikka

Nimeke  
Z-Wave langaton kodinohjausjärjestelmä

Toimeksiantaja  
Jukka Parikka

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyössä tutustutaan langattomaan Z-Wave kodinohjausjärjestelmään ja sen käyttötarkoituksiin. Työssä perehdytään yleisesti järjestelmän tekniikkaan sekä yksityiskohtaisemmin muun muassa verkon rakenteeseen, järjestelmän komentoluokkiin ja solmupisteisiin.

Opinnäytetyöhön kuuluu suunnitelma Z-Wave-verkon asentamiseksi toimeksiantajan tiloihin. Suunnitelmassa esitellään lähtötilanne ja asennettavat laitteet sekä niiden käyttötarkoitukset. Materiaalikustannukset pohjautuvat Smarthome-verkkokaupan hintoihin. Suunnitelmaan kuuluu pikaopas kodinohjausjärjestelmän asennukseen ja huomioon on otettu myös mahdolliset ongelmatilanteet.

Opinnäytetyössä on lyhyt katsaus muihin kodinohjausjärjestelmiin ja pohdintaosiossa käsitellään muun muassa kodinohjausjärjestelmien tulevaisuutta. Opinnäytetyön teoria pohjautuu Z-wave kodinohjausjärjestelmän omaan oppaaseen. Toimeksiantajana toimivat vanhempani ja toteutussuunnitelman kohteena on heidän omakotitalonsa.

Kieli  
suomi

Sivuja 41  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

**Asiasanat**

Z-Wave, automaatio, kodinohjausjärjestelmä,



**THESIS**  
**May 2015**  
**Degree Programme in Electrical Engineering**

Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +358 (13) 260 6800

Author  
Juuso Parikka

Title  
Z-Wave Wireless Home Control

Commissioned by  
Jukka Parikka

**Abstract**

This thesis introduces the wireless Z-Wave home control system and how to use it. The thesis focuses on systems technique, as well as more detailed on things like the network structure, the command categories and the system nodes.

The thesis includes a plan to install Z-Wave network to the client's property. The plan presents a baseline and the equipment to be installed, as well as how to use it. The material costs are based on the Smarthome online store prices. The plan includes a quick start guide to installation and also possible problem situations have also been noticed.

The thesis has a brief overview of other home control systems and the conclusions section deals with, among other things, the future of home control systems. The theory of the thesis is based on the Z-Wave home control guide. The clients are my parents and their property is the setting for the implementation of the plan.

Language  
Finnish

Pages 41  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
Z-wave, automation, home control,

# Sisältö

## Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto .....	6
2	Z-Wave .....	7
2.1	Z-Wave tekniikka yleisesti .....	7
2.2	Verkon taajuusalue .....	8
2.3	Siirtomatka .....	9
2.4	Verkkokerros .....	11
2.5	Verkon rakenne .....	12
2.6	Kotitunnus ja solmupistetunnus .....	16
2.7	Komentoluokat .....	19
2.8	Laiteluokat .....	21
2.9	Solmupisteet .....	23
2.9.1	Ohjain .....	23
2.9.2	Orjalaite .....	24
3	Z-Wave ja kilpailijat .....	24
3.1	KNX .....	24
3.2	ZigBee .....	25
3.3	INSTEON .....	26
4	Toteutus suunnitelma .....	27
4.1	Lähtötilanne ja tavoitteet .....	27
4.2	Laitteisto .....	27
4.2.1	Kiinteä ohjain .....	28
4.2.2	Pistoke .....	29
4.2.3	Yleisanturi .....	31
4.2.4	Vuototunnistin .....	32
4.2.5	IR-lähetin .....	32
4.3	Kustannukset .....	33
4.4	Siirtomatkan kantaman riittävyys .....	34
4.5	Pikaopas asennukseen .....	35
4.6	Mahdolliset ongelmat .....	35
5	Pohdinta .....	37
	Lähteet .....	40

## Liitteet

Liite 1      Pohjapiirustus Z-Wave-sähköpisteillä

## Lyhenteet ja määritelmät

ISM	Maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista (Industrial-Scientific-Medical)
Solmupiste	Z-Wave-järjestelmän laite
MAC	Siirtoyhteyskerros (Media Access Layer)
ACK	Kuittaus (Acknowledge)
CSMA/CD	Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä, mikä perustuu törmäyksen jälkikäteen havaitsemiseen (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection)
WLAN	Langaton lähiverkkotekniikka (Wireless Local Area Network)
PAN	Henkilökohtainen tiedonsiirtoverkko (Personal Area Network)
CSMA/CA	Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä, mikä perustuu törmäyksen estämiseen (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance)
BPSK	Binäärinen vaiheavainnus (Binary Phase Shift Keying)
FSK	Taajuusmodulointimenetelmä (Frequency Shift Keying)
LED	Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa (Light-Emitting Diode)
IR	Infrapuna
USB	Sarjaväyläarkkitehtuuri (Universal Serial Bus)

## 1 Johdanto

Opinnäytetyössä tutustutaan Z-Wave langattomaan kodinohjausjärjestelmään. Sen on kehittänyt tanskalainen Zen-Sys ja alkuperäinen idea oli kehittää oma kotiautomaatiojärjestelmä, mutta yritys alkoikin myydä mikropiirejä omalla laiteohjelmistolla muille valmistajille. Z-Wave-järjestelmän tekniikka perustuu radioaaltoihin.

Tämä opinnäytetyö koostuu Z-Wave-kodinohjausjärjestelmän esittelystä, toteutussuunnitelmasta ja pohdinnasta. Työssä on myös pieni katsaus kilpaileviin kodinohjausjärjestelmiin. Työ on tehty perehtymällä teoriaan ja suunnitelma on tehty Z-Wave-verkon asentamiseksi vanhempieni taloon. Teoriaosuudessa perehdytään tarkemmin muun muassa Z-Wave-kodinohjausjärjestelmän tekniikkaan ja verkon rakenteeseen. Toteutussuunnitelmassa on kerrottu lähtötilanteesta ja asennettavista laitteista.

## 2 Z-Wave

Z-Wave on langaton kodinohjausjärjestelmä ja sen on kehittänyt tanskalainen Zen-Sys. Alkuperäinen idea oli kehittää oma kotiautomaatiojärjestelmä, mutta yritys alkoikin myydä mikropiirejä omalla laiteohjelmistolla muille valmistajille. Ensimmäisen sukupolven Zen-Sys-laitteistoa on myyty vuodesta 2003 alkaen. Laitteistoa on päivitetty vuosina 2003–2013 tuoteperheillä Z100 (2003), Z200 (2005), Z300 (2007), Z400 (2009) ja Z500 (2013). [1, s. 12.]

Vuonna 2005 perustettiin Z-Wave Alliance. Liitto kehittää Z-Wave-standardia ja hoitaa Z-waven markkinoinnin sekä mainostamisen. Toinen liiton keskeinen tehtävä on varmistaa yhteensopivuus eri valmistajien tuotteiden välillä. [3.] Z-Wave Allianceen kuuluu tällä hetkellä 300 yritystä, joilla on valikoimassaan 1200 tuotetta, jotka kaikki ovat keskenään yhteensopivia. [9.] Z-Wave-laitteita on myyty yli 35 miljoonaa eri puolille maailmaa. [16.]

### 2.1 Z-Wave tekniikka yleisesti

Langattomat järjestelmät ovat yleisesti ottaen monimutkaisia ja koostuvat valtavasta määrästä erilaisia toimintoja. On hyödyllistä jakaa toiminnot eri kerroksiin, että niiden hallitseminen helpottuu. Alinta kerrosta käytetään aina viestin viemiseen ja kun kyse on langattomasta protokolasta, tämä on ilma. Ylin kerros on aina käyttäjä. [1, s. 14-15.]

Z-Waven tapauksessa kolmikerroksinen rakenne (kuva 1) on osoittautunut hyväksi. Kolmikerroksinen rakenne muodostuu radiokerroksesta, verkkokerroksesta ja sovelluskerroksesta. Radiokerros määrittää sen, miten signaali siirtyy lähettimen ja vastaanottimen välillä. Tämä kerros sisältää esimerkiksi taajuuden, koodauksen ja laitteiston haun. Verkkokerros määrittelee sen, miten ohjaustietoja vaihdetaan kahden laitteen tai solmupisteen välillä. Tämä sisältää esimerkiksi verkon organisoinnin ja reitityksen. Sovelluskerros puolestaan mää-

rittää sen, mikä sovellus käsittelee viestin, jotta saadaan toteutettua valittu tehtävä, kuten valojen sammutus tai huoneen lämpötilan muutos. [1, s. 15.]



Kuva 1. Yleinen tiedonsiirtoarkkitehtuurin malli. [1.]

## 2.2 Verkon taajuusalue

Z-Wave käyttää niin kutsuttua ISM (Industrial-Scientific-Medical) -taajuusaluetta. Tämä taajuusalue on käytössä maailmanlaajuisesti ja sitä saa käyttää vapaasti erilaisiin teollisuus- ja tieteissovelluksiin. Euroopassa käytettävä taajuusalue on 868,4 MHz ja Yhdysvalloissa 908,4 MHz, mikä mahdollistaa tiedonsiirron nopeudella 40 kb/s. Vuonna 2009 esitelty Z400-tuoteperhe mahdollistaa myös 2,4 GHz:n taajuusalueen käytön. Vanhemmat laitteet toimivat nopeudella 9,6 kb/s, mutta uudet laitteet ovat taaksepäin yhteensopivia, joten ne toimivat keskenään. [1, s. 16-25.]

Z-Wave käyttää viestintään pienitehoisia radioaaltoja. Radioaallot läpäisevät erilaisia esineitä, esimerkiksi seiniä, kattoja ja huonekaluja. Jokainen este heikentää radiosignaalia ja lyhentää kantamaa. Hyvällä antennilla kantamaksi voidaan saada ulkona jopa 200 metriä, mutta sisällä kantama jää yleensä 30 met-



riin. Tästä huolimatta radioaallot toimivat kodinohjausjärjestelmissä paremmin kuin esimerkiksi infrapuna-aallot, mitkä eivät läpäise esteitä. [1, s. 16-25.]

## 2.3 Siirtomatka

Siirtomatkalla tarkoitetaan matkaa jonka radioaallot kulkevat laitteiden välillä. Tärkein huomioitava asia siirtomatkassa on lähettimen ja vastaanottimen etäisyys toisistaan. Tämän etäisyyden pitää olla lyhempi kuin suurin sallittu etäisyys, mikä löytyy laitteen teknisistä tiedoista. Jokainen este vaimentaa radioaallon voimakkuutta ja näin lyhentää lähettimen ja vastaanottimen suurinta mahdollista etäisyyttä toisistaan. [1, s.18.]

Taulukko 1. Esimerkki siitä, kuinka arvioida solmupisteiden etäisyys toisistaan. [1, s. 18.]

	Entinen etäisyys, m	Minkälainen este, materiaali ja cm	Vaimennus, %	Uusi etäisyys, m
Nro. 1	50 m	Puu < 30 cm	10 %	45 m
Nro. 2	45 m	Lasi < 5 cm	10 %	40,5 m
Nro. 3	40,5 m	Kipsilevyseinä < 10 cm	10 %	36,45 m
...	36,45 m	...	...	...

Taulukossa 1 on esimerkki siitä, miten solmupisteiden välistä vaimennusta voi laskea. Taulukon ensimmäiseen entisen etäisyyden kohdalle laitetaan laitteen toimintasäde, mikä löytyy laitteen ohjekirjasta ja tässä esimerkissä se on 50 metriä. Minkälainen este -kohtaan tulee esteen materiaali ja tässä esimerkissä ensimmäinen este on alle 30 cm paksu puu. Vaimennus -kohtaan tulee prosentteina kuinka paljon este vaimentaa radioaaltoja. Uusi etäisyys muodostuu entisestä etäisyydestä, josta vähennetään vaimennus. Esimerkiksi jos entinen etäisyys on 50 metriä ja vaimennus kymmenen prosenttia on uusi etäisyys 45 metriä. Seuraavan esteen kohdalla uusi etäisyys siirretään entisen etäisyyden paikalle ja kaava aloitetaan alusta ja toistetaan jokaisen esteen kohdalla. Taulukosta 2 löytyy joidenkin materiaalien arvioituja vaimennuksia.

Radioaaltoa vaimentava vaikutus kasvaa, jos radioaalto osuu esteeseen eri kulmassa, kuin 90 astetta. Jos taulukon 1 viimeinen uusi etäisyys (36,45m) on suurempi, kuin mitattu etäisyys lähettimen ja vastaanottimen välillä, pitäisi laitteiden toimia. [1, s.18.]

Esimerkiksi huonekalut, metallipinnoitteet, istutukset, elektroniikkalaitteet ja korkea ilmankosteus tulisi ottaa huomioon langattoman reitin suunnittelussa parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Taulukossa 2 annettujen materiaalien vaimennukset ovat arvioita, joten on suositeltavaa testata kantaman toimivuus ennen kiinteää asennusta. Lähettimen ja vastaanottimen sijainnit kannattaa valita siten, että niiden välillä on mahdollisimman vähän esteitä, jotka aiheuttavat radioaaltojen vaimennusta. [1, s. 19-20.]

Taulukko 2. Materiaalien vaimennuksia. [1, s. 19.]

Materiaali	Paksuus	Vaimennus
Puu	< 30cm	10 %
Kipsilevy	< 10cm	10 %
Lasi	< 5cm	10 %
Kivi	< 30cm	30 %
Kevytbetoni	< 30cm	20 %
Teräsbetoni	< 30cm	30 - 90 %
Metalliverkko	< 1mm	90 %
Alumiini peite	< 1mm	100 %

Rakennuksen tai huonekalujen metalliosat heijastavat radioaaltoja. Tällaisten rakenteiden taakse voi muodostua niin sanottu radiokatve, mistä ei saada suoraa yhteyttä vastaanottimelle. Radiokatvealueista huolimatta on mahdollista, että radioaallot heijastuvat muista metallirakenteista ja pääsevät vastaanottimelle. [1, s. 20-21.]

Radioaaltojen heijastukset voivat olla arvaamattomia, joten on suositeltavaa testata järjestelmä ennen varsinaista asennusta. Heijastukset voivat aiheuttaa häiriötä tai vaimennusta, jos alkuperäinen ja heijastunut aalto vastaanotetaan

yhtä aikaa. Häiriöt voidaan poistaa esimerkiksi siirtämällä lähetintä tai vastaanotinta. [1, s. 21-22.]

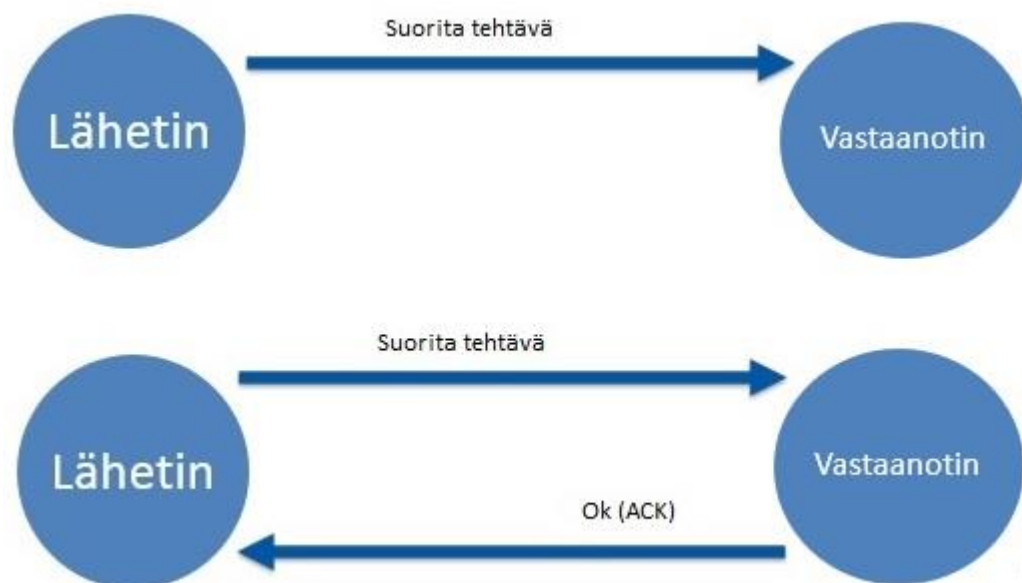
## 2.4 Verkkokerros

Z-Waven verkkokerros ohjaa sitä, miten tieto kulkee verkossa eri laitteiden välillä. Verkkokerros on jaettu kolmeen alikerrokseen:

- MAC (Media Access Layer) –kerros
- kuljetuskerros
- reitityskerros.

MAC (Media Access Layer) -kerros ohjaa langattoman laitteiston perustoimintoja, mitkä eivät näy loppukäyttäjälle. Kuljetuskerros ohjaa viestien siirtoa varmistuen virheettömän viestinnän kahden langattoman solmupisteen välillä. Loppukäyttäjä ei voi vaikuttaa tämän kerroksen toimintoihin, mutta tämän kerroksen tulokset ovat näkyvissä. Reitityskerros hallinnoi Z-Waven verkkoa mahdollistaen maksimaalisen kantaman ja varmistuen viestien pääsyn kohteena olevalle solmupisteelle. Tämä kerros käyttää ylimääräistä solmupistettä lähettääkseen uudelleen viestin, mikäli kohteena oleva solmupiste ei ole lähettävän solmupisteen kantaman sisäpuolella. [2.]

Z-Wave-solmupisteet kuittaavat kaikki ohjaimen lähettämät komennot ja vastaanotettu kuittaus on nimeltään ACK (Acknowledge). Z-Wave-lähetin yrittää lähettää viestin kolme kertaa odottaessaan kuittausta ja kolmen epäonnistuneen yrityksen jälkeen Z-Wave raportoi virheilmoituksen käyttäjälle. [1, s. 26-27.]

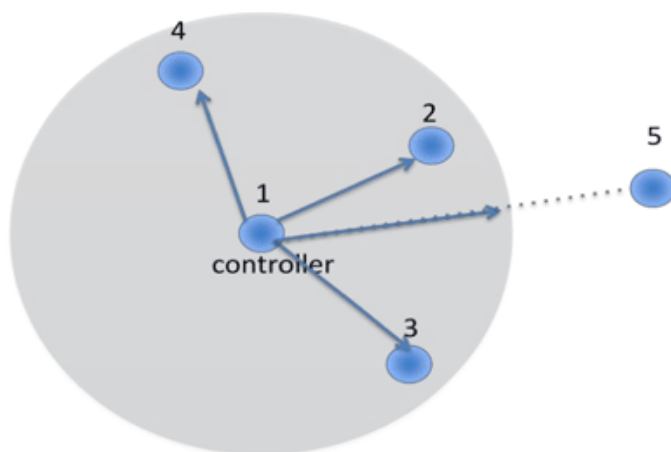


Kuva 2. Kuittaus. [3.]

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaisesti miten kuittaus toimii. Ylemmässä lähetin käskee vastaanotinta suorittamaan tehtävän, esimerkiksi laittamaan valot päälle. Ilman kuittausta lähetin ei tiedä onko vastaanotin saanut käskyn. Alemmassa kuvassa on muuten sama tilanne, mutta vastaanotin kuittaa käskyn. Tämän jälkeen lähetin tietää, että valot ovat nyt päällä.

## 2.5 Verkon rakenne

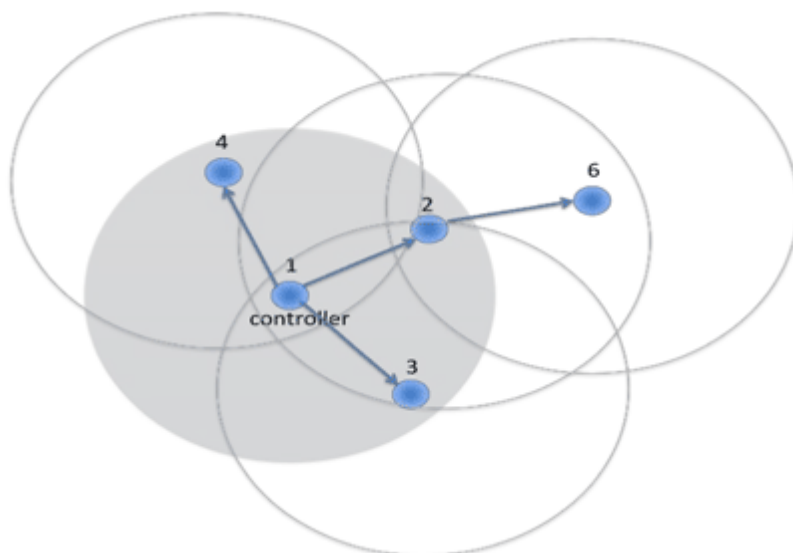
Tyypillisessä langattomassa verkossa ohjaimella on suora langaton yhteys kaikkiin verkon solmupisteisiin. Jos ohjaimella ei ole suoraa yhteyttä solmupisteeseen se ei pysty kommunikoimaan sen kanssa. [2.]



Kuva 3. Reitittämätön verkko. [2.]

Kuvassa 3 on reitittämätön verkko. Solmupisteet kaksi, kolme ja neljä ovat ohjaimen radioyhteyden sisäpuolella ja pystyvät vastaanottamaan viestejä ohjaimelta. Solmupiste viisi on radioyhteyden ulkopuolella eikä pysty vastaanottamaan viestejä ohjaimelta. [2.]

Z-Wave-solmupisteet voivat lähettää ja toistaa viestejä solmupisteille, jotka eivät ole suorassa yhteydessä ohjaimeen. Tämän avulla Z-Wave pystyy luomaan erittäin joustavia ja kestäviä verkkoja. Ohjain pystyy kommunikoimaan verkon kaikkien solmupisteiden kanssa, vaikka ne eivät olisi suoraan yhteydessä ohjaimeen. [2.]

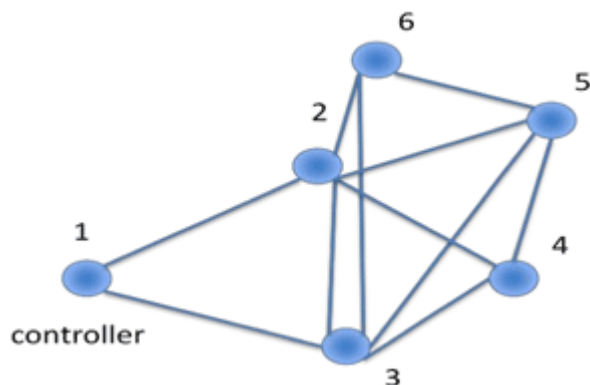


Kuva 4. Z-Wave-verkon reititys. [2.]

Kuvassa 4 esitetty verkko osoittaa, että ohjain voi kommunikoida suoraan solmupisteiden kaksi, kolme ja neljä kanssa. Solmupiste kuusi on ohjaimen radioyhteyden ulkopuolella, mutta se on solmupisteen kaksi radioyhteyden sisäpuolella. Näin ohjain pystyy kommunikoimaan solmupisteelle kuusi solmupisteen kaksi kautta. Mikäli suora yhteys ohjaimen ja solmupisteen kaksi välillä on estynyt on myös toinen mahdollisuus kommunikoida solmupisteen kuusi kanssa: ohjain lähettää viestin solmupisteelle kolme, joka reitittää viestin solmupisteelle kaksi, joka taas reitittää viestin solmupisteelle kuusi. [2.]

Z-Wave pystyy reitittämään viestejä neljän toistavan solmupisteen kautta. Tämä on kompromissi verkon koon, vakauden ja maksimiajan suhteen. Maksimiaika tarkoittaa aikaa, minkä viesti saa kulkea verkossa. Mitä enemmän verkossa on solmupisteitä sitä joustavampi ja kestävämpi verkosta tulee. [2.]

Jokainen solmupiste pystyy määrittämään, mitkä solmupisteet ovat sen langattoman verkon alueella. Nämä solmupisteet ovat nimeltään naapureita. Solmupisteet pystyvät ilmoittamaan ohjaimelle luettelon sen naapureista silloin, kun solmupisteitä lisätään sekä myöhemmin pyynnöstä. Tämän tiedon avulla ohjain voi rakentaa taulukon, missä on kaikki mahdolliset reitit joilla verkossa voi kommunikoida. [2.]



Kuva 5. Mesh-verkko. [2.]

Kuvassa 5 on Z-Waven käyttämä mesh-verkko. Kuvan verkossa on yksi ohjain ja viisi solmupistettä. Ohjain voi kommunikoida suoraan solmupisteiden kaksi ja kolme kanssa. Ohjaimella ei ole suoraa yhteyttä solmupisteisiin neljä, viisi ja kuusi joten esimerkiksi kommunikointi solmupisteen neljä kanssa tapahtuu joko solmupisteen kaksi tai kolme kautta. [2.]

Source Nodes	to 1	to 2	to 3	to 4	to 5	to 6
Source Node 1	X	1	1	0	0	0
Source Node 2	1	X	1	1	1	1
Source Node 3	1	1	X	1	1	1
Source Node 4	0	1	1	X	1	0
Source Node 5	0	1	1	1	X	1
Source Node 6	0	1	1	0	1	X

Source Nodes	to 1	to 2	to 3	to 4	to 5	to 6
Source Node 1	X	1	1	0	0	0
Source Node 2	1	X	1	1	1	1
Source Node 3	1	1	X	1	1	1
Source Node 4	0	1	1	X	1	0
Source Node 5	0	1	1	1	X	1
Source Node 6	0	1	1	0	1	X

Kuva 6. Reititystaulukko. [2.]

Kuvan 5 verkon reititys on esitetty kuvassa 6. Riveillä on lähdesolmupisteet ja sarakkeilla on kohdesolmupisteet. Solu "1" tarkoittaa, että solmupisteet ovat naapureita ja "0" osoittaa, ettei solmupisteiden välillä ole suoraa kommunikointiyhteyttä. Kuvan oikean puoleisesta taulukosta näkyy, että lähdesolmupisteen yksi ja kohdesolmupisteen neljä välillä ei ole suoraa yhteyttä. Tämän vuoksi

verkko reitittää viestin solmupisteen kolme kautta, mikä on suorassa yhteydessä sekä ohjaimen että solmupisteeseen neljä. [2.]

## **2.6 Kotitunnus ja solmupistetunnus**

Verkon jokaisella solmupisteellä on oltava yksilöllinen tunnus, mikä erottaa eri solmupisteet toisistaan. Z-Wave käyttää kotitunnusta ja solmupistetunnusta verkon organisointiin. Kotitunnus määrittää mitkä solmupisteet kuuluvat samaan Z-Wave-verkkoon. Kotitunnus on pituudeltaan neljä tavua, eli 32 bittiä. Solmupistetunnus määrittää yhden solmupisteen osoitteen verkossa ja se on pituudeltaan tavun, eli kahdeksan bittiä. [1, s. 28.]

Yhteisen kotitunnuksen sisältävässä verkossa ei ole mahdollista tai sallittua olla kahta solmupistettä samalla solmupistetunnuksella. Solmupisteet joilla on eri kotitunnukset eivät voi kommunikoida toistensa kanssa, mutta niillä voi olla sama solmupistetunnus. [1, s. 28.]

Ohjaimiin on tehtaalla esiohjelmoitu yksilöllinen kotitunnus mitä käyttäjän ei voi muuttaa. Uudemmat ohjaimet luovat satunnaisen kotitunnuksen aina, kun tehdasasetukset palautetaan. Ohjaimiteisiin ei ole esiohjelmoitu kotitunnusta vaan ne ottavat kotitunnuksen siltä verkon ohjaimelta mihin ne lisätään. [1, s. 29-30.]

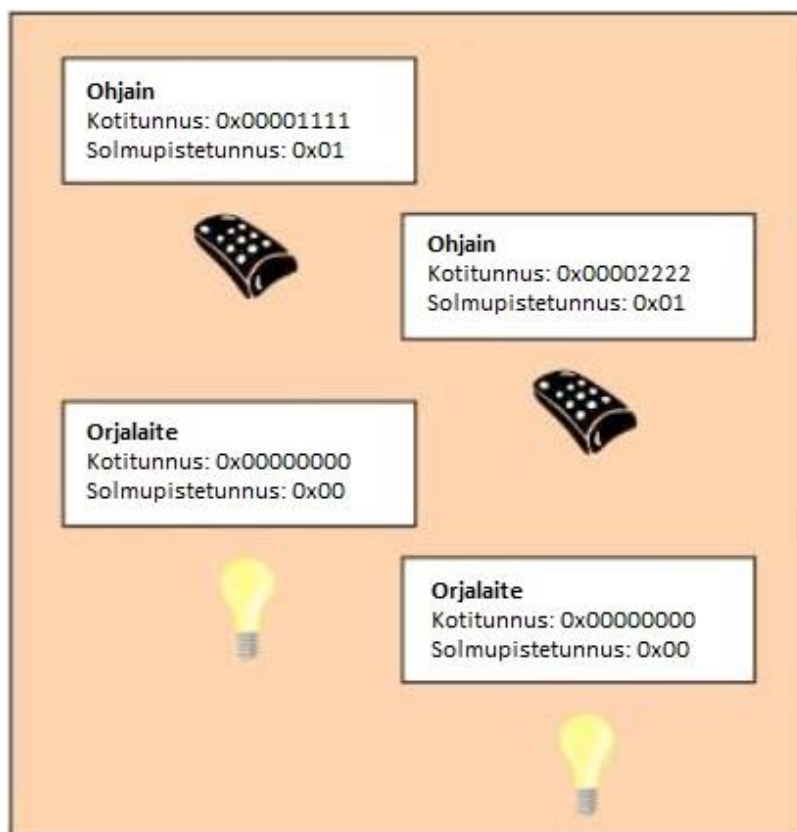
Suuremmassa verkossa voi olla useampia ohjaimia, mutta vain yksi ensisijainen ohjain joka voi lisätä muita ohjaimia. Kun solmupiste lisätään ensisijaisen ohjaimen verkkoon saa solmupiste samalla ensisijaisen ohjaimen kotitunnuksen. Samalla kun solmupiste saa kotitunnuksen lisää ensisijainen ohjain sille myös solmupistetunnuksen. [1, s. 30.]



Taulukko 3. Koti- ja solmupisteominaisuuksien vertailu. [2.]

	Määritelmä	Ohjaimessa	Orjalaitteessa
Kotitunnus	Kotitunnus on yhteinen tunnistus Z-Wave-verkolle	Kotitunnus valmiina tehtaalta tullessa	Ei kotitunnusta tehtaalta tullessa
Solmupistetunnus	Solmupistetunnus on yksilöllinen tunnus (osoite) solmupisteelle yhteisessä verkossa	Ennalta määrätty solmupistetunnus	Pääohjain määrää solmupistetunnuksen

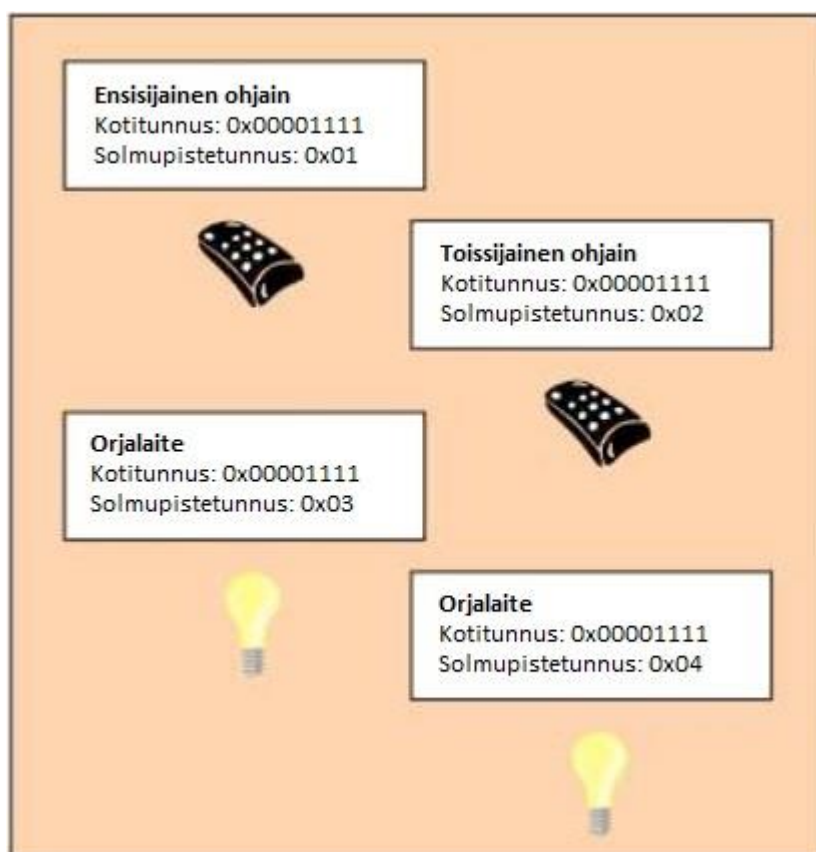
Kuvassa 7 esitetyt neljä laitetta ovat tehdasasetusten mukaisessa tilassa. Kahdella ohjaimella on valmiiksi kotitunnukset ja solmupistetunnukset tehtaalta tullessa. Orjalaitteilla ei ole kumpaakaan tunnusta tehtaalta tullessa. [1, s. 31.]



Kuva 7. Z-Wave-laitteet ennen verkkoon lisäämistä. [1, s. 31.]

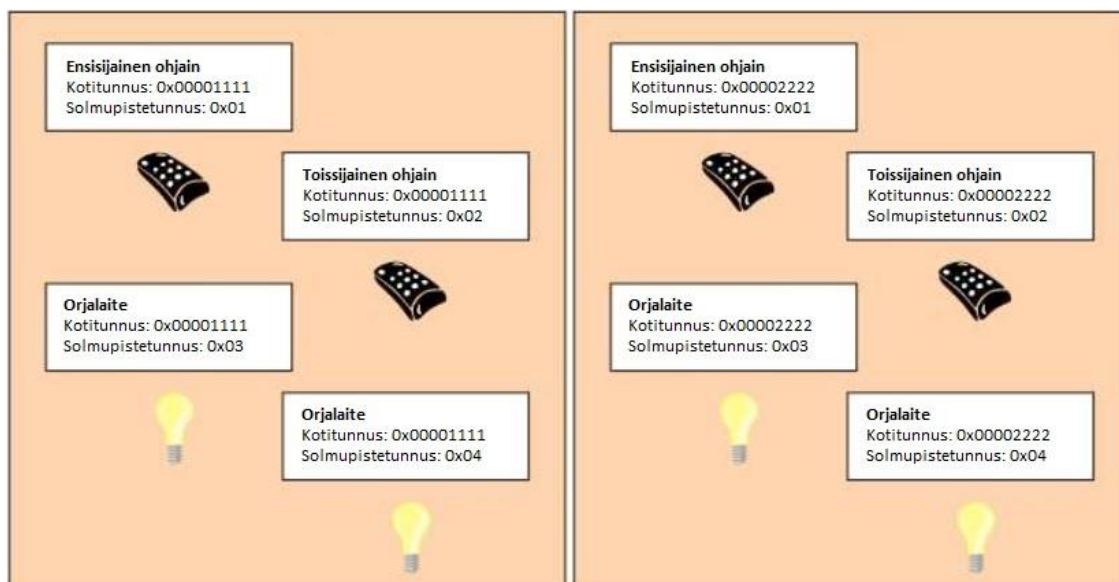
Kuvassa 7 on teoriassa kaksi eri verkkoa, joissa molemmissa on yksi solmupiste. Koska yhdelläkään solmupisteellä ei ole yhteistä kotitunnusta viestintä on mahdotonta. [1, s. 31.]

Riippuen siitä, että kumpaa ohjainta käytetään Z-Wave-verkon luomiseen, verkon kotitunnus tulee olemaan tässä esimerkissä joko 0x00001111 tai 0x00002222. Kuvassa 8 toinen ohjaimista on valittu ensisijaiseksi ohjaimeksi. Ensisijainen ohjain antaa kotitunnuksen kaikille muille verkon laitteille ja määrittää jokaiselle oman yksittäisen solmupistetunnuksen. Kaikkia muita ohjaimia kutsutaan toissijaisiksi ohjaimiksi. Toissijainen ohjain eroaa ensisijaisesta ohjaimesta vain siten, että ensisijainen ohjain voi lisätä uusia solmupisteitä verkkoon. [1, s. 31-33.]



Kuva 8. Tunnukset verkon luonnin jälkeen. [1, s. 32.]

Onnistuneen Z-Wave-verkon luomisen jälkeen kaikilla solmupisteillä on sama kotitunnus. Kaikilla solmupisteillä on myös omat solmupistetunnukset, joiden avulla eri solmupisteet pystytään erottamaan toisistaan ja voivat kommunikoida keskenään. Samassa Z-Wave-verkossa kaikilla solmupisteillä on yhteinen kotitunnus, mutta ei saa, eikä voi olla samaa solmupistetunnusta. [1, s. 32.]



Kuva 9. Kaksi verkkoa eri kotitunnuksilla. [1, s. 33.]

Koska kuvan 9 kahden eri verkon solmupisteillä on eri kotitunnukset, ne eivät voi kommunikoida keskenään. Näin ollen kahta eri verkkoa voidaan käyttää samassa tilassa yhtä aikaa ilman, että ne häiritsevät toisiaan. [1, s. 33.]

## 2.7 Komentoluokat

Z-Wave-verkon kaikki viestintä järjestetään komentoluokissa. Komentoluokat ovat ryhmä komentoja ja vastauksia, jotka liittyvät Z-Wave-laitteen toimintoihin. [1, s. 65.]

Komentoluokat edustavat Z-Wave-laitteen toimintoja. Esimerkiksi kytkimet tukevat eri komentoluokkia, kuin termostaatit. Z-Wave-laitteissa on peruskomento-

luokka, jonka avulla ne voivat kommunikoida keskenään tietämättä toistensa erityisiä tehtäviä. [1, s. 66.]

Kaikkien Z-Wave-laitteiden on tuettava peruskomentoluokkaa. Peruskomentoluokka koostuu kahdesta komennosta ja yhdestä vastauksesta:

- SET: asettaa arvon 0 ja 255 väliin
- GET: pyytää laitetta raportoimaan arvonsa
- REPORT: vastaus GET komentoon. Raportoi arvon väliltä 0 ja 255

Normaalia on/off-kytkintä kutsutaan binaarikytkimeksi. Binaarikytkimen perustehtävänä on kytkeä laite päälle ja pois päältä. Z-Wave-järjestelmässä on mahdollista tietää kytkimen tila. [1, s. 65.]

Binaarikytkimen komentoluokka koostuu kolmesta eri toiminnosta: vastauksesta, komennosta tai raportista:

- Binary Switch – Set: ohjain lähettää komennon kytkimelle mennä päälle tai pois päältä.
- Binary Switch – Get: ohjain pyytää kytkimeltä tietoa missä tilassa kytkin on, päällä vai pois päältä.
- Binary Switch – Report: kytkin lähettää tiedon ohjaimelle onko se päällä vai pois päältä. Vastaus Binary Switch Get-käskylle. [1, s. 65.]

Näitä kolmea komentoa ja vastausta kutsutaan komentoluokkana ”Binary Switch”. Jos tietty Z-Wave-laite tukee komentoluokkaa binary switch, sen pitää pystyä käsittelemään kaikkia näitä komentoja. Kytkimen täytyy ymmärtää asetuskomentoja ja asettaa kytkin haluttuun asentoon. Kytkin pystyy vastaanottamaan GET komennon ja pystyy vastata raportti komentoon oikeassa muodossa. [1, s. 65-66.]

## 2.8 Laiteluokat

Yhteensopivuuden varmistamiseksi eri Z-Wave laitevalmistajien latteiden välillä on laitteissa oltava tietynlaisia selkeästi määriteltyjä toimintoja peruskomentoluokan lisäksi. Näitä toimintoja kutsutaan laiteluokiksi. Laiteluokka viittaa laitteeseen ja määrittelee mitä komentoluokkia laitteen on tuettava. [1, s. 67.]

Laiteluokat järjestetään hierarkiaan, jossa on kolme kerrosta: peruslaiteluokka, yleislaiteluokka ja erityislaiteluokka. Jokaisen laitteen tulee kuulua peruslaiteluokkaan. Peruslaiteluokka määrittää kuuluuko laite ohjaimiin, orjalaitteisiin vai reitittäviin orjalaitteisiin. Laitteet voidaan lajitella tarkemmin antamalla niille yleislaiteluokka. Yleislaiteluokka määrittää minkälainen laite on perustoiminnoiltaan, esimerkiksi onko laite yleisohjain, binaarikytkin, binaarisensori vai termostaatti. Muita toimintoja voidaan määritellä lisäämällä laiteeseen erityislaiteluokka. Erityislaiteluokan avulla laitteen toiminnollisuutta määritellään tarkemmin, esimerkiksi takaiskutermostaatti on erityislaiteluokka yleislaiteluokan termostaateille. Erityislaiteluokan määrittäminen on vapaaehtoista ja olennaista vain, jos laite todella tukee kaikkia erityisominaisuuksia. [1, s. 67-68.]

Jos Z-Wave-laitteelle on määritetty erityisluokka, on sen tuettava joukkoa komentoluokan toimintoja. Tarvittavia komentoluokkia kutsutaan pakollisiksi komentoluokiksi ja ne ovat yksilöllisiä eri yleis- ja erityislaiteluokille. Pakollisten laiteluokkien lisäksi Z-Wave-laitteet voivat tukea vaihtoehtoisia komentoluokkia. Z-Wave-laitevalmistaja saa toteuttaa rajattomasti vaihtoehtoisia laiteluokkia, mutta jos nämä laiteluokat toteutetaan, määrittelee Z-Wave-standardi kuinka komennot ja toiminnot on tuettava. [1, s. 68-69.]

Laite ilmoittaa peruslaiteluokan, yleislaiteluokan ja mahdollisen erityislaiteluokan siinä vaiheessa kun laite lisätään verkkoon. Ilmoitukseen käytetään solmupisteen tietokehystä. Laiteluokkien lisäksi solmupisteen tietokehyksessä ilmoitetaan myös kaikki vaihtoehtoiset komentoluokat. Tämän ilmoituksen jälkeen ohjain voi ohjata ja käyttää laitteen eri ominaisuuksia. [1, s. 69.]



Kuva 10. Eri toteutuksia laiteluokassa. [1, s. 70.]

Kuvassa 10 on esitetty kolmen eri valmistajan valokatkaisimien toimintoja. Kaikkien valmistajien valokatkaisijat osaavat sammuttaa ja sytyttää valoja, mikä on punaisella merkitty pakollinen komentoluokka. Keltaisella merkitystä suositeltavasta komentoluokasta ilmenee, että kaikkien valmistajien valokatkaisimet osaavat myös sammuttaa ja sytyttää kaikki valot kerralla. Sen sijaan vain valmistajien A ja B valokatkaisimissa on erityisiä vihreällä esitettyyn vaihtoehtoiseen komentoluokkaan kuuluvia ominaisuuksia: suojaus ja valon himmennys

Z-Wave määrittää monenlaisia komentoluokkia mitkä kattavat lähes kaikilta osin kodin automaatio ja -ohjaustarpeet. Valmistajilla on mahdollisuus toteuttaa omia ominaisuuksia, joita ei ole jo valmiiksi komentoluokissa. "Oma toiminto" -komentoluokka on määriteltä kattamaan nämä tarpeet. Oma toiminto -komentoluokka antaa valmistajan toteuttaa erityisiä toimintoja, joita voidaan käyttää vain niiden laitteiden kanssa, jotka tukevat tätä samaa erityistoimintoa. Z-Wave Alliance hyväksyy "oma toiminto" -komentoluokan ja siitä vaaditaan kattava dokumentointi. [1, s. 70-71.]

## 2.9 Solmupisteet

Solmupisteellä tarkoitetaan Z-Wave-verkon laitetta. Z-Wave-verkko koostuu kahdesta erilaisesta solmupistetyypistä, ohjaimista ja orjalaitteista. Orjalaitteet voidaan jakaa kahteen alakategoriaan: normaaleihin ja reitittäviin. Pääasiallinen ero näiden kolmen solmupistetyypin välillä on esitetty taulukossa 4: niiden tieto reititystaulukosta ja kyky lähettää viestejä verkkoon. [1, s. 39-40.]

Taulukko 4. Solmupisteiden eroja. [1, s. 40.]

	Naapuri	Reitti	Toiminnot
Ohjain	Tietää kaikki naapurit	On pääsy täydelliseen reititystaulukoon	Voi kommunikoida verkon jokaisen laitteen kanssa, jos reitti on olemassa
Orjalaite	Tietää kaikki naapurit	Ei ole tietoa reititystaulukosta	Voi ainoastaan vastata solmupisteelle, jolta on saanut viestin. Ei voi reitittää ei-toivottuja viestejä eteenpäin.
Reitittävä orjalaite	Tietää kaikki naapurit	On osittainen tieto reititystaulukosta	Voi vastata solmupisteelle, jolta on saanut viestin. Voi myös reitittää ei-toivottuja viestejä eteenpäin.

### 2.9.1 Ohjain

Ohjaimet tietävät koko verkkotopologian ja voivat siten löytää reitin orjalaitteelle olettaen, että reititystaulukko on päivitetty ajan tasalle. Ohjaimet on jaettu kahteen ryhmään, kiinteisiin ja kannettaviin ohjaimiin. Kiinteä ohjain on tarkoitettu sijoitettavaksi yhteen paikkaan eikä sitä ole tarkoitus liikutella. Kiinteä ohjain toimii verkkojännitteellä ja voi reitittää viestejä. [1, s. 44-45.]

Kannettavia ohjaimia on tarkoitus liikutella ja ovat yleisesti paristokäyttöisiä. Kannettavan ohjaimen ollessa paristokäyttöinen se viettää suurimman osan ajastaan lepotilassa ja ei voi sen takia reitittää viestejä toisilta solmupisteiltä. [1, s. 44-45.]

### **2.9.2 Orjalaite**

Orjalaitteet ovat toiminnoiltaan paljon yksinkertaisempia, kuin ohjaimet. Ne eivät voi aloittaa kommunikointia, elleivät ne vastaa ohjaimen lähettämään viestiin. Saadakseensa tietoja orjalaitteelta ohjaimen on kysyttävä laitteen tilaa säännöllisin väliajoin. Orjalaite voi myös reitittää viestin eteenpäin ja tämän tyyppisiä orjalaitteita kutsutaan reitittäviksi orjalaitteiksi. Reitittävien orjalaitteiden tulisi olla kytkettynä verkkovirtaan, että ne voi olla kuuntelutilassa koko ajan. [3.]

## **3 Z-Wave ja kilpailijat**

Z-Wave-järjestelmän lisäksi markkinoilta löytyy usea muu kodinohjausjärjestelmä. Osa kodinohjausjärjestelmistä on langallisia ja osa langattomia. Tässä osiossa käydään pintapuolisesti läpi muutaman muun kodinohjausjärjestelmän tekniikoita.

### **3.1 KNX**

KNX Association perustettiin toukokuussa 1999 EIBAn (European Installation Bus Association), EHSA:n (European Home Systems Association) ja BCIn (Batibus Club International) toimesta. KNX on voittoa tavoittelematon yhdistys joka noudattaa Belgian lakeja. [4.]

KNX-tuotemerkin omistaa KNX Association International. Jäsenyys edellyttää kiinteää vuosittaista jäsenmaksua sekä liittymismaksua joka perustuu yrityksen



liikevaihtoon. Vastineeksi tästä saadaan KNX-tuotemerkin käyttöoikeus kaikille erillisessä testauksessa hyväksytyille laitteille. KNX Association Internationalin jäsenet saavat voimakasta kehitystukea. [5, s. 12.]

KNX-kenttäväylän protokolla käyttää CSMA/CD-periaatetta. KNX-järjestelmän linjaan voidaan liittää maksimissaan 64 linjaliittijää eli toimilaitetta tai anturia. Kahden liityntälaitteen välinen maksimietäisyys on 700 metriä ja linjan pituus saa olla enimmillään 1000 metriä. Päälinjaan voidaan liittää maksimissaan 15 linjaa ja KNX-järjestelmän kokonaiskapasiteetti on 14400 toimilaitetta. KNX-väyläratkaisu mahdollistaa 33 viestiä sekunnissa jolloin tiedonsiirtonopeus on 9,6 kbit/s. [5, s. 9.]

KNX Twisted Pair (TP) eli kierretty parikaapeli on yleisin siirtotie KNX:ssä. Markkinoiden kehittyessä on kehitetty myös muita vaihtoehtoja. KNX Powerline (PL) siirtää tiedon sähköverkossa. KNX Radio Frequency siirtotapa perustuu radioon sekä infrapunaan. KNX Advanced Network integroi KNX:n mihin tahansa Internet-, Ethernet- ja WLAN-yhteyksiin. Väyläkaapelina käytetään kaksinaapaista kaapelia. Väyläkaapelia pitkin liityntälinja saa käyttöjännitteen ja ohjauskäskyt.[5, s. 9.]

### 3.2 ZigBee

ZigBee-ohjausjärjestelmää käytetään erilaisiin automaatiojärjestelmiin, esimerkiksi talo-, rakennus- ja teollisuusautomaatioon. ZigBee sopii automaatiokäyttöön sen nopean vasteajan, laajennettavuuden sekä vähäisen virran kulutuksen ansiosta. Vähäinen virrankulutus mahdollistaa laitteiden käytön paristoilla. ZigBee sopii hyvin monenlaisiin ohjausjärjestelmiin, koska se mahdollistaa luotettavan, sekä suojatun tiedonsiirron. ZigBee-verkkoon pystyy lisäämään suuren laitemäärän ja sen verkkoon on helppo liittyä, mikä mahdollistaa helpon verkon laajennuksen ja hallinnan. [6, s. 1.]

ZigBee perustuu langattomaan tiedonsiirtoon PAN-alueen (Personal Area Network) tekniikalla. Se on tehty sensoreiden ja hallintalaitteiden tiedonsiirtoon.

Niillä ei ole tarvetta suurelle tiedonsiirtokaistalle, koska dataa ei liiku paljon ker-  
rallaan. [6, s. 3.]

ZigBee käyttämät taajuudet ovat esimerkiksi Euroopassa 868 MHz ja Pohjois-  
Amerikassa ja Australiassa 915 MHz. Näiden lisäksi 2.4 GHz:n kaistan käyttö  
on hyväksytty lähes maailmanlaajuisesti. Keskimääräiset tiedonsiirtonopeudet  
ovat 250 kbit/s (2.4 GHz), 40 kbit/s (915MHz) ja 20 kbit/s (868 MHz). Mahdolli-  
set törmäykset verkossa estää CSMA/CA (Carrier sense multiple access with  
collision avoidance). Topologiavaihtoehtoja ovat esimerkiksi tähti, mesh ja puu.  
Verkon kuuluvuusalue vaihtelee viidestä metristä aina 50 metriin riippuen ympä-  
ristöstä. [6, s. 3.]

### 3.3 INSTEON

INSTEON mahdollistaa yksinkertaisen ja edullisen verkon luonnin käyttäen  
sähköverkkoa, radiotaajuuksia tai molempia samanaikaisesti. Kaikki INSTEON  
laitteet ovat pistetiä, mikä tarkoittaa, että mikä tahansa laite voi vastaanottaa,  
välittää tai toistaa viestejä, ilman pääohjainta tai monimutkaista reititysohjelmis-  
toa. [7, s. 2.]

INSTEON-tekniikan tärkein ominaisuus on sen yksinkertaisuus. Viestit ovat  
kiinteän pituisia ja synkronisoitu sähköverkon mukaan. INSTEON on luotettava  
ja edullinen, koska se on optimoitu ohjausta ja valvontaa varten, ei nopeaan  
dataliikenteeseen. INSTEON mahdollistaa laitteiden, kuten valokatkaisimien ja  
anturien, verkottamisen yhteen alhaisin kustannuksin. [7, s. 6.]

INSTEON käyttämät radiotaajuudet ovat sähköverkossa 131.65 KHz ja radio-  
taajuuksilla 915 MHz. Hetkellinen tiedonsiirtonopeus on 13.165 kbit/s ja jatku-  
vana 2.88 kbit/s. Sähköverkossa käytetään BPSK (binary phase-shift keying) -  
modulaatiota ja radiotaajuuksilla FSK (frequency-shift keying) -modulaatiota. [7,  
s. 6-7.]

## 4 Toteutussuunnitelma

Toteutussuunnitelma on CASE-esimerkki toteuttamiskelpoisesta suunnitelmasta vanhempien taloon. Suunnitteluun käytetään CADS-suunnitteluohjelmaa. Liite 1 on pohjapiirustus johon on suunniteltu, että mihin laitteet asennetaan ja laitteiden esittelyn yhteydessä kerrottu huomioon otettavia asioita.

### 4.1 Lähtötilanne ja tavoitteet

Kodinohjausjärjestelmän rakentamisen idea syntyi halusta tehdä arjesta vähän mukavampaa. Kodinohjausjärjestelmän arvioitiin tuovan helpotusta ja mukavuutta elämään. Myös mahdollisuus estää vesivahinko katsottiin erittäin hyödylliseksi.

Langaton kodinohjausjärjestelmä valittiin langallisen kodinohjausjärjestelmän sijaan, että välttään kaapelinvedolta. Langatonta kodinohjausjärjestelmää on myös helpompi laajentaa myöhemmin tarpeen vaatiessa.

Tavoitteena on koota Z-Wave-paketti, minkä pystyy kasaamaan vaikka ei ole sähköalan ammattilainen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että pistorasioihin käytetään plugin pistokkeita, joten pistorasioita ei tarvitse avata. Esteettisesti tämä ei ole yhtä hyvä ratkaisu kun pistorasian sisälle laitettava relevastaanotin, mutta helpompi vaihtaa tarvittaessa ilman sähkömiehen apua.

### 4.2 Laitteisto

Laitteiden valintaa suunniteltaessa pidettiin tärkeänä sitä, että laitteet saadaan Suomesta. Näin vian ilmetessä mahdolliset takuu-asiat hoituisivat helpommin ja nopeammin. Lisäksi se, että mahdolliset kysymykset laitteita koskien voidaan lähettää suomeksi, katsottiin eduksi.

Kaikki muut laitteet löytyivät suoraan suomalaisista nettikaupoista, paitsi Z-Wave-toimilaitteella varustettu venttiili. Suunnittelukohteessa tarvittavat laitteet on lueteltu taulukossa 5, laiteluettelo.

Taulukko 5. Laiteluettelo.

KPL	LAITE	MALLI	HUOM
1	Ohjain	VeraEdgr	
6	Pistoke	Fibaro Wall Plug FGWPE/F-101	Sisätiloihin
1	Pistoke	Duwi IP44	Ulos
1	Yleisanturi	Aeotec MultiSensor 6	Liiketunnistus pois päältä
3	Vuototunnistin	Everspring ST812	
1	IR-lähetin	Remotec ZXT-120	Kattokiinnitys

Suunnitelmassa käytettyjen laitteiden lisäksi tarvitaan tietokone ja internet-yhteys. On myös hyvä varata tarvittavia pattereita, jos laitteiden mukana tulevat ovat tyhjät.

#### 4.2.1 Kiinteä ohjain

Ohjaimen tehtävä on ohjata koko laitteistoa. Ohjaimesta on kerrottu tarkemmin luvussa 2.9.1 Ohjain. Ohjain asennetaan talon eteiseen paikkaan missä on valmiiksi internet-modeemi. Asennuspaikka valintaperuste on se, että paikasta on teoreettinen siirtomatka koko kiinteistön alueelle. Valitussa paikassa ohjaimelle on myös kiinteä sähkö lähellä.



Kuva 11. Ohjain Vera Edge. [10.]

Ohjaimeksi valitaan Vera Edge (kuva 11), joka on uusinta Z-Wave Plus (sukupolvi 500) mallia. Ohjaimeen saa lisättyä yli 220 laitetta ja sen käyttöön ei vaadita kuukausimaksuja. Laitteelle on saatavissa myös mobiilisovellus. [10.]

#### 4.2.2 Pistoke

Sisätiloihin pistokkeeksi valitaan Fibaron seinäpistoke (kuva 12). Pistoke kestää 2500W jatkuvan kuorman ja 3000W hetkellisen kuorman. Tämän lisäksi pistoke ilmaisee LED-valon avulla hetkellisen virrankulutuksen ja kerää kertyneen virrankulutuksen talteen. [11.] Valitaan vaikutti sen pieni koko ja reititysominaisuudet.



Kuva 12. Sisäpistoke. [11.]

Sisäpistokkeita käytetään esimerkiksi keittiössä kahvinkeitin kanssa. Kahvinkeitin voidaan valmistella illalla käyttövalmiiksi ja VeraEdgen ohjelmalla laitetaan käynnistymään automaattisesti haluttuun aikaan aamulla. Käytössä on myös Vera UI7 mobiilisovellus millä voi kätevästi katkaista kahvinkeitin virrat, jos käy päivällä mietityttämään, että jäikö kahvinkeitin päälle.

Ulkopistokkeeksi valitaan Duwin IP44 seinäpistoke (kuva 13), koska IP44-luokitus takaa suojauksen ulkotiloissa. Pistokkeen suurin sallittu kuormitus on 3500W. Toimintasäteeksi on ilmoitettu 100 metriä avoimessa maastossa ja 30 metriä sisätiloissa.[12.]



Kuva 13. Ulkopistoke. [12.]

Ulkopistokkeen ensisijainen tehtävä on auton lämmityksen käynnistys oikeaan aikaan talvella. Ulkopistokkeen apuna tulee olemaan lämpötila-anturi, josta kerrotaan lisää luvussa 4.2.3 Yleisanturi. Lämpötila-anturi ilmoittaa ulkolämpötilan, minkä mukaan pistoke kytkee auto-lämmityksen päälle haluttuun aikaan. Esimerkiksi jos ulkona on 20 astetta pakkasta, lämmitys lähtee päälle kaksi tuntia ennen kuin auton halutaan olevan lämmin. Mikäli ulkona on vain viisi astetta pakkasta, lämmitys lähtee päälle 30 minuuttia ennen kuin auton halutaan olevan lämmin.

### 4.2.3 Yleisanturi

Yleisanturin tehtävä on mitata ulkolämpötila. Yleisanturiksi valitaan Aeotec MultiSensor 6 (kuva 14). Aeotec-yleisanturilla on mahdollista tarkkailla lämpötilaa, ilmankosteutta ja valoisuutta, minkä lisäksi siinä on myös liiketunnistin. Lämpötila-anturi kykenee mittaamaan lämpötilat -40 asteesta 125 asteeseen. Aeotec-yleisanturi toimii kahdella CR123A-patterilla ja se osaa lähettää viestin ohjaimelle, kun patterit ovat lopussa. Aeotec-yleisanturi on IP20 luokiteltu ja ulkokäytössä siitä tulee kytkeä liiketunnistus pois päältä. [13.]



Kuva 14. Yleisanturi. [13.]

Yleisanturi tulee ulos katokseen, missä se on suojassa vedeltä. Näin myöskään suora auringonvalo ei pääse vaikuttamaan lämpötilamittaukseen. Yleisanturissa

käytetään ainoastaan lämpötilamittausta, muut toiminnot jätetään tällä kertaa käyttämättä.

#### 4.2.4 Vuototunnistin

Vuototunnistimen tehtävä on huomata mahdolliset vuodot vesivahinkojen estämiseksi. Vuototunnistimeksi valittiin Everspring ST812-vuototunnistin (kuva 15), mikä toimii kolmella AA-paristolla. Kun paristot pitää vaihtaa laite lähettää varoituksen Z-Wave-ohjaimelle ja LED valo antaa visuaalisen tiedon. [14.]



Kuva 15. Vuototunnistin. [14.]

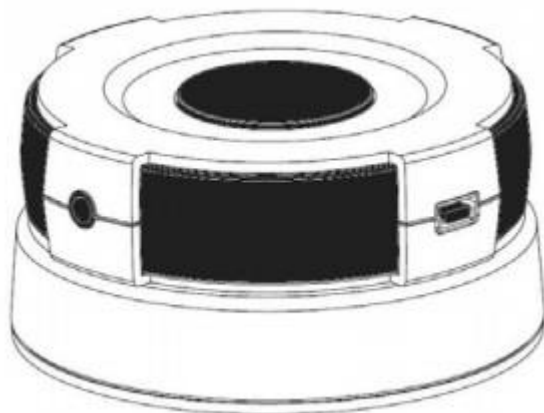
Vuototunnistimet sijoitetaan astianpesukoneen, pyykinpesukoneen ja jääkapin taakse. Vuototunnistimien lisäksi on olemassa Z-Wave-toimilaitteella olevia venttiileitä, joiden tehtävä on muun muassa sulkea veden tulo vuodon sattuesssa. Venttiilejä ei ole tällä hetkellä saatavana Euroopan markkinoilla, mutta kun saatavuus paranee, niitä on tarkoitus sijoittaa muutama strategisesti järkevään paikkaan.

#### 4.2.5 IR-lähetin

IR-lähettimeksi valittiin Remotec ZXT-120 IR-lähetin (kuva 16). IR-lähettimessä on kiinteä kirjasto, jolla voi ohjata esimerkiksi useimpia ilmastointilaitteita. Jos



yksikään kirjaston koodi ei toimi halutussa ilmastointilaitteessa, käyttäjä voi opettaa IR-lähettimelle kyseisen ilmastointilaitteen toiminnot. Remotec ZXT-120 IR-lähettimessä on myös sisäänrakennettu lämpötilamittaus. IR-lähetin toimii joko 5Vdc jännitteellä USB-liitännän kautta tai kolmella AAA-paristolla. [15.]



Kuva 16. IR-lähetin. [15, s. 3.]

IR-lähetin sijoitetaan kattoon ilmalämpöpumpun eteen ja se on tarkoitus kytkeä 5Vdc jännitteellä. Tarkoituksena on ohjata ilmalämpöpumppua etänä käyttäen puhelinta tai tablettia.

#### 4.3 Kustannukset

Suunnittelun alussa budjetiksi asetettiin tuhat euroa laitteiston osalta. Budjettiin ei tarvinnut varata rahaa asennuksiin, koska asennukset tehdään itse. Laitteiden hintatiedot haettiin suomalaisesta Smarthome-verkkokaupasta (taulukko 6).

Taulukko 6. Laitteiden hinnat.

Laite	Hinta/kpl
Vera Edge	189€
Remotec ZXT-120	89€
Aeotec MultiSensor	65€
Fibaro Wall Plug FGWPE/F-101	64€
Duwi IP44	62€
Everspring ST812	40€

Kuten taulukosta 6 nähdään, on ohjain kallein yksittäinen laite järjestelmässä. Merkittävän kustannuserän aiheuttaa myös kuusi kappaletta Fibaro-pistokkeita. Järjestelmän yhteenlasketut kustannukset ovat 909 euroa.

#### 4.4 Siirtomatkan kantaman riittävyys

Siirtomatkan kantaman riittävyyden laskentaan käytetään apuna luvun 2.3 teoriaa. Taulukossa 7 on laskettu kantama kauimmaisen laitteen ja ohjaimen välille.

Taulukko 7. Siirtomatkan kantavuuden riittävyys.

Este	Entinen etäisyys	Minkälainen este	Vaimennus	Uusi etäisyys
Nro. 1	30m	Kevytbetoni < 30cm	20 %	24m
Nro 2	24m	Kipsilevyseinä < 10cm	10 %	21.6m
Nro 3	21.6m	Kipsilevyseinä < 10cm	10 %	19.44m

Siirtomatkan kantama riittää koko alueelle, koska kauimmalta pistokkeelta on matkaa 13 metriä ohjaimelle, kun taas lasketun arvion mukaan kantavuuden pitäisi riittää aina 19 metriin saakka. Matkan varrelle sijoittuu ainakin yksi reitittävä pistoke, mikä lisää kantamaa. Kun tiedetään, että kauimmainen laite toimii, ei muiden kantamaa tarvitse laskea erikseen.

#### 4.5 Pikaopas asennukseen

Z-Wave-verkon asentamiseen tarvitaan aina seuraavat neljä vaihetta. Ensimmäisenä valitaan kaikki tarvittavat laitteet ja asennetaan ne lopulliseen paikkaansa. Kuten aiemmin on kerrottu, jokainen verkko koostuu ohjaimista ja orjalaitteista. Vaikka ohjaimet ja orjalaitteet olisi tässä vaiheessa kytketty päälle, ne eivät pysty kommunikoimaan keskenään tai suorittamaan mitään toimintoja. [1, s. 100.]

Seuraavaksi kaikki laitteet täytyy asentaa puhumaan samaa kieltä. Tätä prosessia kutsutaan sisällyttämiseksi. Sisällyttämisen jälkeen verkon kaikki laitteet puhuvat samaa kieltä, mutta eivät välttämättä pysty suorittamaan toimintoja. Yksi ohjain käynnistää aina sisällyttämisen kääntämällä itsensä sisällyttämistilaan. Kaikki orjalaitteet ilmoittautuvat ohjaimelle ohjekirjassa kuvatulla tavalla, esi-merkiksi kolminkertaisella napin painamisella. [1, s. 100.]

Kolmannessa vaiheessa verkon laitteille annetaan tehtäviä. Tätä kutsutaan yhdistämiseksi. Yhdistäminen tarkoittaa sitä, että kun painaa painiketta A niin valokatkaisin B syttyy. Ohjain aloittaa yhdistämisen ja vastaanottava laite vahvistaa sen. Sisällyttämisen ja yhdistämisen jälkeen verkko on valmis käytettäväksi. Myöhemmin on mahdollista lisätä laitteita ja muuttaa yhdistettyjä suhteita. [1, s. 100.]

#### 4.6 Mahdolliset ongelmat

Tyypillisiä ongelmatilanteita käytössä ovat: tiedon puute, epäselvä ja sekava teksti, monta solmupistettä samalla tunnuksella ja yhteensopivuusongelmat vanhempien laitteiden välillä.

Z-Waven tavoitteena on mahdollistaa maallikon asentaa ja ylläpitää verkkoa. Tämä tavoite on helppo saavuttaa pienemmissä verkoissa mutta suuremmissa ja monimutkaisemmissa verkoissa tarvitaan enemmän tietämystä tekniikasta. [1, s. 104.]

Z-Wavellä on yhdistävät perusehdot verkon toiminnoille kuten inclusion (sisällyttäminen), exclusion (poistaminen) tai association (yhdistäminen). Valitettavasti nämä määritelmät toimivat vain englannin kielellä. Valmistajat joutuvat käyttämään näitä termejä englanninkielisissä ohjeissa, mutta saavat käyttää vapaasti käännettyjä termejä muilla kielillä. Tämä voi olla hämmentävää loppukäyttäjälle, koska eri valmistajat voivat viitata samaan prosessiin eri termein. [1, s. 104.]

Jokainen langaton verkko, kuten Z-Wave toimii vain, jos jokaisella verkon solmupisteellä on oma yksilöllinen tunnistus. Solmupistetunnus palvelee tätä tarkoitusta ja jokainen laite saa oman solmupiste- ja kotitunnuksen sisällyttämisen aikana. Ohjaimet varmistavat, että jokainen solmupistetunnus annetaan vain kerran yhdelle laitteelle. Jos ohjain nollataan, kaikki verkon tiedot poistetaan. Nollauksen jälkeen ohjain alkaa automaattisesti määrittää uudelleen solmupistetunnisteita. [1, s. 105.]

Olettaen että edellisessä verkossa, jonka ohjain nollattiin, oli laite, jota ei nollattu asianmukaisesti, voi laitteessa olla edelleen vanha koti- ja solmupistetunnus, mikä saattaa olla ristiriidassa uudelleen annettujen solmupistetunnusten kanssa. Tämä aiheuttaa varmasti epävakaa verkon ja arvaamattomia tilanteita. [1, s. 105.]

Z-Waven tärkein ominaisuus on, että eri valmistajien laitteet ovat yhteensopivia. Tästä huolimatta yhteensopivuudessa on joitakin rajoituksia. Ylivoimaisesti eniten ongelmia aiheuttavat väärin tai puutteellisesti toteutetut Z-Wave PC-ohjelmistot. Monissa tapauksissa Z-Wave-tuki lisätään myöhemmin jo olemassa oleviin ohjelmistoihin ja tiettyjä kompromisseja tehdään, jotta saadaan puristettua Z-Wave jo olemassa oleviin rakenteisiin. Tyypillisesti nämä ohjelmat eivät ole Z-Wave-sertifioituja, mutta ne mielletään Z-Wave yhteensopiviksi. [1, s. 106.]

Alkuperäinen sertifikaattiprosessi ei ollut niin tarkka, kuin nykyään. Seurauksena sellaisia tuotteita sertifioitiin, jotka eivät enää nykyisin läpäisisi tarkempaa sertifiointiprosessia. Sertifiointien peruuttaminen ei ole mahdollista, joten van-

hemmillä laitteilla voi olla yhteensopivuusongelmia. Yleisesti ottaen 2008 jälkeen valmistettujen laitteiden kanssa ei ole yhteensopivuusongelmia. [1, s. 106.]

## 5 Pohdinta

Z-Wave-kodinohjausjärjestelmän periaatteena on valmistaa helppokäyttöinen, vähävirtainen, hyvällä tiedonsiirtomatkalla varustettu sekä halpa tiedonsiirto-tekniikka. Z-Wave-mikropiirejä valmistaa ainoastaan yksi yritys mikä on mielestäni hyvä asia yhteensopivuuden kannalta. Näin ei tule esimerkiksi tilanteita, missä kaksi eri yritystä on saanut saman idean, mutta on toteuttanut sen eritavalla. Tästä seuraisi todennäköisesti viivästys mikropiirin valmistuksessa, kun mietitään, että kumman tavalla idea toteutetaan.

Pohjois-Amerikassa on arviolta 7,9 miljoonassa taloudessa joko koko kodin kodinohjausjärjestelmä tai kohdennettu kodinohjausjärjestelmä. Tämä vastaa kuutta prosenttia talouksista ja vuoteen 2019 asti odotetaan 37 prosentin vuotuista kasvua kodinohjausjärjestelmien markkinoille. Tämä tarkoittaisi, että vuoden 2019 lopulla kodinohjausjärjestelmä löytyisi 38,2 miljoonasta taloudesta. Markkinan arvo oli vuonna 2014 3,2 miljardia euroa ja sen odotetaan kasvavan 34 prosenttia vuodessa vuoteen 2019 asti ollen silloin 13,7 miljardia euroa. [17.]

Euroopassa on arviolta 2,7 miljoonassa taloudessa joko koko kodin kodinohjausjärjestelmä tai kohdennettu kodinohjausjärjestelmä. Tämä on 1,2 prosenttia talouksista ja vuoteen 2019 asti odotetaan 61 prosentin vuotuista kasvua kodinohjausjärjestelmien markkinoille tuoden kodinohjausjärjestelmän 29,7 miljoonaan talouteen vuoden 2019 loppuun mennessä. Markkinan arvo oli vuonna 2014 0,77 miljardia euroa ja sen odotetaan kasvavan 58 prosenttia vuodessa vuoteen 2019 asti ollen 7,6 miljardia euroa. [17.]

Kuten ylläolevasta tutkimustiedosta käy ilmi kodinohjausjärjestelmillä on paljon potentiaalia kasvuun, kun ihmiset haluavat keinoja säästää energiaa, lisätä tur-

vallisuutta ja helpottaa arkea. Että Z-Wave kasvaisi alan suurimmaksi langattomien kodinohjausjärjestelmien tekniikaksi, pitäisi sen saada alan kaikki suurimmat valmistajat mukaan. Olisi myös toivottavaa, että laitteita saataisiin jokaiseen hintaluokkaan. Esimerkiksi normaaleissa pistorasioissa ja kytkimissä löytyy perustarvikkeet huokeaan hintaan, mutta myös kalliimpaa niitä haluaville. Z-Wave saataisiin näin kaikkien ulottuville, eikä vain luksuskoteihin tai tee se itse -henkilöille.

Opinnäytetyö sisältää laajan tieto-oppaan suomeksi huolimatta siitä, että tällä hetkellä tietoa Z-Wave-järjestelmästä löytyy vain muutamasta lähteestä. Z-Wave-järjestelmää sivuavissa opinnäytetöissä on käytetty pääasiassa samoja lähteitä. Tässä opinnäytetyössä ei vertailla Z-Wave-järjestelmää luvussa 3 mainittuihin kilpaileviin tekniikkoihin, koska opinnäyte-työn työmäärä ja kokonaisuus olisi näin kasvanut liian suureksi.

Toteutussuunnitelmassa on kuvattu toteuttamiskelpoinen Z-Wave-paketti, jota on helppo lähteä myöhemmin laajentamaan. Suunnitelmassa mainitut laitteet soveltuvat parhaiten henkilölle, joka on valmis itse tekemään ja säätämään Z-Wave-kodinohjausjärjestelmän halutun laiseksi. Kyseisten laitteiden kanssa ei tarvitse olla kosketuksissa paljaiden sähköjohtojen kanssa, joten asentamiseen ei tarvita sähkömiestä.

Aiheena Z-wave, ja yleensäkin langattomat kodinohjausjärjestelmät, oli hyvin mielenkiintoinen. Minulla oli ennen opinnäytetyön aloittamista melko paljon tietoa kodinohjausjärjestelmistä, mutta mitä enemmän luin Z-Wave-verkoista, sitä paremmin aloin ymmärtämään kuinka paljon kaikkea näillä järjestelmillä voi tehdä. Jos Z-Wave-järjestelmistä tulee alan johtava standardi, tulee tämän opinnäytetyön antamasta opista olemaan paljon hyötyä tulevaisuuden työmarkkinoilla.

Langattomassa kodinohjauksessa on jo nyt paljon hyvää ja jos niille tulevaisuudessa löytyy yleisesti käytetty standardi, siitä tulee varteenotettava haastaja normaaleille sähköistyksille. Oma mielipiteeni on se, että tällä hetkellä ei kannata asentaa esimerkiksi valaistusta ainoastaan langattomasti, koska ei ole vielä

tietoa siitä, kuinka hyvin nykyiset järjestelmät kestävät, vaikka 20 vuoden kuluttua.

## Lähteet

1. Z-Wave Technical Basics. 1 kesäkuu 2011  
<https://www.domotiga.nl/attachments/download/1075/Z-wave%20Technical%20Basics-small.pdf> [Viitattu 18.3.2015]
2. Vesternet Ltd. Understanding Z-Wave Networks, Nodes & Devices. 2012.  
<http://www.vesternet.com/resources/technology-indepth/understanding-z-wave-networks> [Viitattu 19.3.2015]
3. Galeev. Mikhail T. Catching the Z-Wave. 2 lokakuu 2006  
<http://www.drdobbs.com/embedded-systems/catching-the-z-wave/193104353> [Viitattu 3.3.2015]
4. KNX. 2015  
<http://www.knx.org/knx-en/knx/association/introduction/index.php> [Viitattu 11.3.2015]
5. Sähkötieto Ry. ST 701.60. Kenttäväylätekniikka. 16 lokakuu 2009  
<http://severi.sahkoinfo.fi/tietopalvelu.karelia.fi/item/383?search=ST+701.60> [Viitattu 11.3.2015]
6. Lappeenranta University of Technology. Harjoitustyö 1 ZIGBEE. 1 huhtikuu 2007  
<http://www.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/ht/tiedostot/ZigBee%201.pdf> [Viitattu 12.3.2015]
7. INSTEON. INSTEON Whitepaper: The Deatails. 2013  
<http://cache.insteon.com/pdf/insteonwtpaper.pdf> [Viitattu 17.3.2015]
8. Armin Anders. EnOcean Technology – Energy Harvesting Wireless. Heinäkuu 2011.  
[http://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white\\_paper/WP\\_EnOcean\\_Technology\\_en\\_Jul11.pdf](http://www.enocean.com/fileadmin/redaktion/pdf/white_paper/WP_EnOcean_Technology_en_Jul11.pdf) [Viitattu 13.3.2015]
9. Z-Wave Alliance. 2015  
<http://z-wavealliance.org/> [Viitattu 16.3.2015]



10. Vera. Vera Smarter Home Control. 2015  
<http://getvera.com/controllers/veraedge/> [Viitattu 9.4.2015]
11. Fibaro. Operating Manual Fibaro Wall Plug FGWPE/F-101 v.2.1 - v.2.3. 2015  
[http://www.fibaro.com/manuals/en/FGWPE\\_F-101-Wall-Plug/FGWPE\\_F-101-Wall-Plug-en.pdf](http://www.fibaro.com/manuals/en/FGWPE_F-101-Wall-Plug/FGWPE_F-101-Wall-Plug-en.pdf) [Viitattu 9.4.2015]
12. Smarthome. 2015  
<http://smarthome.fi/fi/vagguttag/37-z-wave-schuko-ip44.html> [Viitattu 9.4.2015]
13. Aeon Labs LLC. 2015  
<http://aeotec.com/z-wave-sensor> [Viitattu 9.4.2015]
14. Everspring Industry Co., Ltd. 2015  
<http://www.everspring.com/ST812.aspx> [Viitattu 9.4.2015]
15. Remotec. ZXT-120 (Z-Wave-to-AC IR Extender). 2015  
[http://www.remotec.com.hk/photos/software/Z-wave/ZXT-120%20User%20Manual\\_V1.4\\_20130604.pdf](http://www.remotec.com.hk/photos/software/Z-wave/ZXT-120%20User%20Manual_V1.4_20130604.pdf) [Viitattu 10.4.2015]
16. Sigma Designs, Inc. 2015  
[http://z-wave.sigmadesigns.com/about\\_z-wave](http://z-wave.sigmadesigns.com/about_z-wave) [Viitattu 12.4.2015]
17. Berg Insight. Smart Homes and Home Automation. Joulukuu 2014  
<http://www.berginsight.com/ReportPDF/Summary/bi-sh3-sum.pdf> [Viitattu 13.4.2015]

## Pohjapiirustus Z-Wave-sähköpisteillä

